

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до складання  
**ДЕРЖАВНОГО ІСПИТУ З ФАХУ**  
для підтвердження СВО «Молодший бакалавр»  
Спеціальності - 208 «Агроінженерія»

Суми  
2022

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Інженерно-технологічний факультет**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до складання

**ДЕРЖАВНОГО ІСПИТУ З ФАХУ**

Рівень вищої освіти: Початковий рівень (короткий цикл)

Ступінь вищої освіти: Молодший бакалавр

Галузь знань: 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

Кваліфікація: «Молодший бакалавр з агроінженерії»

**Суми**

**2022**

УДК631.81(631)  
ББК 40.72

**Укладачі:** Семірненко Юрій Іванович  
Павлов Олександр Григорович

Методичні вказівки до складання кваліфікаційної атестації за напрямком підготовки 208 «Агроінженерія» ступеню вищої освіти молодший бакалавр денної форми навчання зі спеціальності 208 «Агроінженерія». – Суми: Сумський НАУ, 2022, 23 с., табл., 29 бібл., 2 додатків.

В методичних вказівках наведено комплекс вказівок та рекомендації для складання державного іспиту з фаху для молодших бакалаврів зі спеціальності 208 «Агроінженерія».

**Рецензенти:**

Тарельник В.Б, д.т.н., професор кафедри технічного сервісу  
Сумського національного аграрного університету;  
Саржанов О.А., к.т.н., доцент кафедри експлуатації техніки  
Сумського національного аграрного університету.

**Відповідальний за випуск:** Семірненко Ю.І., зав. кафедри  
«Проектування технічних систем», к.т.н., доцент.

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою Інженерно-технологічного факультету Сумського національного аграрного університету. Протокол № 4 від „31” січня 2022 року

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. ЗМІСТ ТА СТРУКТУРА КОМПЛЕКСНОГО ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТА	6
2. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	13
3. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПИСЬМОВИХ ВІДПОВІДЕЙ ПРИ СКЛАДАННІ ДЕРЖАВНОГО ІСПИТУ	15
ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА	18
Додаток А	20
Додаток Б	21

## ВСТУП

Кваліфікаційна атестація студента здійснюється екзаменаційною комісією після завершення навчання на певному освітньому рівні з метою встановлення фактичної відповідності рівня освітньої підготовки вимогам освітньо-кваліфікаційної характеристики.

Кваліфікаційна екзамен проводиться як комплексна перевірка знань студентів з дисциплін, передбачених навчальним планом.

Кваліфікаційна атестація проводиться за білетами, складеними у відповідності до навчальних програм за методикою, визначеною вищим навчальним закладом.

До складання кваліфікаційної атестації деканом допускаються студенти, які повністю виконали навчальний план, здали всі іспити і заліки за усі чотири семестри навчання.

Проведення кваліфікаційної атестації проводиться за розкладом, затвердженим у встановленому порядку.

Кваліфікаційна атестація проводиться екзаменаційною комісією, що затверджена наказом по ЗВО із числа провідних викладачів факультету.

Консультації студентів під час проведення кваліфікаційної атестації допускаються лише по питанням, що не відносяться до змісту відповідей.

При проведенні кваліфікаційної атестації допускається користування студентом довідковою інформацією у вигляді довідників, стандартів, як на паперових, так і електронних носіях, що приготовлені заздалегідь.

## 1 ЗМІСТ ТА СТРУКТУРА ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТА

Кожен екзаменаційний білет містить назву ЗВО, спеціальності, має номер, змістовну частину, інформацію про номер протоколу і дату затвердження.

Всі екзаменаційні білети містять по шість питань, що охоплюють теоретичні, розрахункові і практичні аспекти конструктивних елементів техніки, що виникають при її експлуатації, обслуговуванні і ремонті.

*Першим питанням* екзаменаційного білета містить питання з освітньої компоненти **«Трактори та автомобілі»**:

1. Призначення, будова КШМ двигунів внутрішнього згорання.
2. Будова та призначення газорозподільного механізму ДВЗ.
3. Призначення та будова вування системи живлення дизельного двигуна.
4. Будова, призначення паливних насосів високого тиску. Принцип дії.
5. Переваги і недоліки різних систем запалювання.
6. Будова, призначення системи мащення дизельних двигунів.
7. Призначення і будова системи охолодження дизельних двигунів.
8. Будова, призначення системи пуску дизельного двигуна.
9. Призначення електричного обладнання тракторів. Будова і принцип дії генератора.
10. Призначення, будова і принцип дії електричного стартера для запуску двигунів.
11. Призначення, будова і регулювання зчеплення.
12. Призначення, будова коробок передач тракторів та автомобілів.
13. Призначення та будова ведучих мостів автомобілів.
14. Класифікація дизельних двигунів. Робота чотирьохтактного дизельного двигуна.
15. Призначення і будова гідравлічної системи тракторів.
16. Призначення, будова рульового керування колісних тракторів.
17. Призначення і будова трансмісії.

18. Класифікація та принцип роботи зчеплень.
19. Робоче та допоміжне обладнання тракторів.
20. Вали відбору потужності: призначення, типи, конструкція і принцип дії.
21. Джерела енергії в природі та техніці.
22. Класифікація машин та система засобів для обробітку ґрунту.
23. Призначення, будова і робота начіпного механізму тракторів.
24. Призначення, будова і робота системи пуску.
25. Призначення, будова електричного обладнання тракторів.
26. Класифікація бензинових двигунів. Робота чотирьохтактного бензинового двигуна.
27. Переваги і недоліки дизельних і карбюраторних двигунів.
28. Особливості будови системи живлення з впорскуванням бензину.
29. Робоче обладнання автомобілів.
30. Гідромеханічне рульове керування.

*Друге питання* екзаменаційного білету включає питання з освітньої компоненти **«Сільськогосподарські машини»:**

1. Способи та системи обробітку ґрунту.
2. Класифікація ґрунтообробних машин.
3. Види добрив та способи внесення їх у ґрунт.
4. Машини для внесення мінеральних добрив.
5. Машини для внесення органічних добрив.
6. Способи сівби та садіння с.-г. культур.
7. Зернові сівалки.
8. Сівалки для просапних культур.
9. Овочеві сівалки.
10. Машини для садіння: картоплесаджалки, розсадосадильні машини.
11. Отрутохімікати та способи їх застосування.
12. Машини для хімічного захисту рослин: протруювачі насіння, обприскувачі, обпилювачі.

13. Машини для аерозольних обробок та фумігації.
14. Технології заготівлі кормів, класифікація машин та агротехнічні вимоги до них.
15. Косарки, граблі, підбирачі.
16. Кормозбиральні комбайни.
17. Способи збирання зернових культур, комплекс машин та агротехнічні вимоги до них.
18. Жатки і підбирачі.
19. Зернозбиральний комбайн: загальна будова, принцип роботи.
20. Особливості конструкції та робочого процесу зернозбиральних комбайнів вітчизняних та зарубіжних фірм.
21. Пристрої до зернозбиральних комбайнів.
22. Способи очищення та сортування зерна.
23. Повітряно-решітні зерноочисні машини.
24. Складні зерноочисні та сортувальні машини.
25. Сушіння зерна, та зерноочисно-сушильні комплекси.
26. Способи збирання картоплі, цукрових буряків, класифікація машин та агротехнічні вимоги до них.
27. Машини для збирання картоплі та цукрових буряків.
28. Способи збирання льону, класифікація машин та агротехнічні вимоги до них.
29. Машини для збирання льону.
30. Машини для закритого і відкритого фунту, збирання і післязбирального обробітку врожаю овочевих культур.

***Третє питання*** з освітньої компоненти «**Експлуатація машинно-тракторного парку**»:

1. Виробничі процеси в сільському господарстві.
2. Класифікація сільськогосподарських агрегатів.
3. Експлуатаційні властивості машин і агрегатів.



4. Експлуатаційні показники і режими роботи тракторних двигунів.
5. Баланс потужності трактора.
6. Сили, що діють на трактор.
7. Зчіпні властивості трактора і шляхи їх покращення.
8. Рівняння руху трактора. Тяговий баланс трактора.
9. Тягова характеристика трактора та її використання при експлуатаційних розрахунках.
10. Сили опору сільськогосподарських машин і шляхи їх зменшення.
11. Основні вимоги, що висуваються до МТА.
12. Обґрунтування режимів роботи агрегатів.
13. Способи визначення кількості машин в агрегаті.
14. Аналітичний метод розрахунку тягових агрегатів.
15. Кінематичні характеристики агрегату і робочої ділянки.
16. Основні види поворотів МТА.
17. Способи руху МТА.
18. Фактори, що визначають вибір способу руху МТА. Коефіцієнт робочих ходів і оптимальна ширина загінки.
19. Визначення продуктивності машинно-тракторних агрегатів.
20. Баланс часу зміни.
21. Класифікація експлуатаційних затрат. Затрати праці і шляхи їх зниження.
22. Значення оптимальної структури і складу МТП. Методи розрахунку складу МТП.
23. Обґрунтування складу МТП методом побудови графіків машиновикористання.
24. Організаційна структура інженерно-технічної служби. Функціональні обов'язки робітників ІТС.
25. Оперативне керування роботою МТП. Організація матеріально-технічного забезпечення роботи МТП.
26. Значення і методи аналізу ефективності використання МТП.
27. Показники оснащеності господарств технікою.

28. Показники рівня і ефективності механізації польових робіт.
29. Якісна характеристика і показники використання МТП.
30. Загальні економічні показники МТП.

*Четверте питання* екзаменаційного білета містить питання з дисципліни «**Технічний сервіс АПК**»:

1. Основні технологічні методи відновлення деталей.
2. Приймання машини в ремонт. Зовнішнє очищення і мийка.
3. Відновлення деталей механічною обробкою.
4. Основи технології розбирання машин.
5. Відновлення деталей зварюванням та наплавленням.
6. Ручне дугове зварювання та наплавлення.
7. Особливості зварювання і наплавлення чавунних деталей.
8. Дефектування деталей.
9. Особливості зварювання і наплавлення алюмінієвих деталей.
10. Вібродугове наплавлення.
11. Наплавлення в середовищі захисних газів.
12. Наплавлення під шаром флюсу.
13. Основні види зношування.
14. Відновлення деталей напиленням.
15. Відновлення деталей залізненням.
16. Використання прогресивних матеріалів при відновленні деталей.
17. Основи технології комплектування спряжень і вузлів.
18. Технологічний процес хромування деталей.
19. Відновлення деталей контактним наварюванням.
20. Відновлення деталей припіканням.
21. Основи технології обкатування і випробування агрегатів і машин.
22. Відновлення деталей пластичним деформуванням.
23. Зміцнення деталей електромеханічною обробкою.
24. Усунення дефектів паянням.

25. Фізико-хімічні основи видалення забруднень.
26. Сучасні технічні мийні засоби.
27. Основні способи дефектування деталей.
28. Механізовані і автоматичні способи наплавлення і зварювання.
29. Відновлення деталей полімерними матеріалами.
30. Поняття про технологічний процес в ремонтному виробництві.

***П'яте питання*** екзаменаційного білету включає завдання, присвячене **основам охороні праці:**

1. Інфрачервоні випромінювання, їх вплив на організм людини, нормування, заходи та засоби захисту.
2. Поняття виробничої санітарії, її значення. Фактори, що визначають санітарно-гігієнічні умови праці.
3. Визначення понять «робоча зона» та «повітря робочої зони». Склад повітря робочої зони, джерела забруднення.
4. Склад комісії та її дії при розслідуванні нещасного випадку.
5. Порядок розслідування нещасних випадків, про які не було своєчасно повідомлено керівника підприємства.
6. Порядок розслідування нещасних випадків, які сталися з працівниками інших підприємств.
7. Причини аварій і нещасних випадків при експлуатації систем, що працюють під тиском.
8. Розкрийте зміст Закону України «Про охорону праці».
9. Вентиляція та її види. Повітряний баланс та його розрахунок.
10. Природна вентиляція. Аерація.
11. Безпека при експлуатації балонів. Класифікація балонів. Паспорт балона. Випробування балонів на міцність і герметичність.
12. Виробниче освітлення і його значення. Види виробничого освітлення, вимоги санітарних нормативів щодо їх застосування.

13. Штучне освітлення: робоче, аварійне, чергове, евакуаційне, охоронне штучне освітлення, їх санітарні нормативи.
14. Вібрація та її параметри. Причини та джерела вібрації.
15. Поняття «електробезпека», «електротравма», «електричні удари». Дія електричного струму на людину.
16. Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом.
17. Визначення поняття «шум» – фізичного та фізіологічного. Параметри звукового поля: звуковий тиск, інтенсивність, частота, коливальна швидкість.
18. Інструктажі з питань охорони праці, їх види та порядок проведення.
19. Охарактеризуйте засоби колективного захисту працюючих.
20. Захисне заземлення, занулення, захисне вимикання, умови їх застосування, нормативні вимоги.
21. Органи державного нагляду за охороною праці, їх основні повноваження і права.
22. Громадський контроль за дотриманням законодавства про охорону праці.
23. Порядок і термін розслідування та облік нещасних випадків на виробництві.
24. Суть процесу горіння. Класифікація видів горіння. Горіння та вибух.
25. Порядок розслідування професійних захворювань. Створення та склад комісій, їх функції.
26. Розкрийте суть понять «професійні захворювання» та наведіть їхню класифікацію.
27. Основні поняття в галузі охорони праці, її терміни та визначення.
28. Що таке «напруга дотику» та «напруга кроку».
29. Яка черговість надання першої допомоги потерпілому.
30. Завдання та права комісії з питань охорони праці.

## 2 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Перш ніж приступити до надання відповідей на питання екзаменаційного білету, студент повинен здійснити заповнення бланку титульного аркушу відповідей, який надається йому екзаменаційною комісією. Зразок бланку титульного аркушу відповідей наведено в додатку Б.

Методика заповнення титульного аркушу студентом передбачає внесення наступної інформації:

1. Шифру академічної групи (*наприклад, МЕХ-2001*).
2. Прізвища, ім'я та по-батькові студента (*наприклад, Зіненко Олексій Мирославович*).
3. Особистого підпису студента.
4. Дати проведення державного іспиту (*наприклад, 10.06.2022 р.*).
5. Номера екзаменаційного білету.

Після заповнення титульного аркушу студент повинен повернути екзаменаційний білет секретареві державної екзаменаційної комісії.

*На зворотному боці титульного аркушу відповіді на питання білету не надаються.*

Наступний етап – формування відповідей на питання екзаменаційного білету. Формування відповідей здійснюється на аркушах формату А4, що містять штамп факультету та надаються студенту секретарем державної екзаменаційної комісії. Відповіді формуються студентом на обох сторонах аркушу.

Студенту надається право надавати відповіді на питання екзаменаційного білету у довільному порядку.

Перед початком викладення відповіді, студент повинен проставити № питання, відповідь на яке буде ним представлена.

*Надання відповіді на наступне питання білету не слід починати з нового аркушу, а потрібно продовжувати викладання відповіді до остаточного*

*заповнення поточного аркушу.*

Після заповнення аркушу необхідно його пронумерувати, а продовження відповіді надавати на наступному аркуші. Нумерації підлягають всі аркуші. Номер аркушу проставляється в його нижній частині на лицьовому боці аркушу (на сторінці де нанесено штамп факультету).

Після закінчення надання відповіді на останнє питання екзаменаційного білету, студент повинен проставити особистий підпис.

Всі аркуші відповідей складаються студентом у порядку їх нумерації разом із титульним аркушем, скріплюються степлером (надається секретарем ЕК) та здаються до ЕК.

Остаточне заповнення титульного аркушу екзаменаційного білету здійснюється членами ЕК під час проведення оцінки викладеного студентом матеріалу.

### **З КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПИСЬМОВИХ ВІДПОВІДЕЙ ПРИ СКЛАДАННІ ДЕРЖАВНОГО ІСПИТУ**

Під час складання державного іспиту з фаху студенти повинні показати знання теоретичних та практичних положень, якими повинен володіти молодший бакалавр зі спеціальності 208 «Агроінженерія».

На підготовку відповіді студенту надається максимально 6 академічних годин. Кожна відповідь з 5 (п'яти) питань екзаменаційного білета оцінюється від 0 до 100 балів.

Відповідь вважається повною і правильною і оцінюється від 90 до 100 балів, якщо:

- а) наведена правильна відповідь, яка містить необхідні пояснення, посилання на положення, з яких випливає те чи інше твердження, ілюструється рисунками, схемами, графіками;
- б) формули для розрахунку наведені правильно, правильно використані вихідні данні, правильно виконано розрахунок по формулам у чисельному вигляді, правильно проведеної аналіз розмірностей.

Відповідь вважається правильною і оцінюється від 75 до 90 балів, якщо:

- а) наведена правильна відповідь, яка має недостатньо пояснень, посилань на положення, ілюструвань рисунками, схемами, графіками;
- б) формули для розрахунку наведені правильно, правильно виконано розрахунок по формулам у чисельному вигляді, але є неточності в використанні вихідних даних, або при проведенні аналізу розмірностей.

Відповідь вважається достатньою (задовільною) і оцінюється від 60 до 74 балів, якщо:

- а) наведена правильна відповідь, яка не має пояснень і ілюстрацій, або не точна відповідь;
- б) формули для розрахунку наведені правильно, але розрахунок по формулам у чисельному вигляді, в використанні вихідних даних, або при проведенні аналізу розмірностей мають помилки.

Відповідь вважається недостатньою (незадовільною) і оцінюється від 0 до 59 балів, якщо:

- а) наведена неправильна відповідь, яка не має пояснень і ілюстрацій;
- б) формули для розрахунку наведені не правильно.

Оцінка в балах за надану відповідь на кожне питання білету проставляється членами ЕК двічі:

- перший раз – в кінці відповіді на питання (у залишеному студентом вільному полі аркушу);
  - другий раз – в таблиці титульного аркушу,
- та супроводжується особистими підписами викладача (члена ЕК), який здійснював перевірку та оцінку.

Результуюча оцінка за іспит представляє собою середнє арифметичне отриманих оцінок за всіма відповідями на питання білету та визначається виразом:

$$O_{\text{фін}} = \frac{\sum_{i=1}^6 O_i}{6};$$

де  $O_{\text{фін}}$  - фінішна усереднена оцінка за іспит в балах (від 0 до 100 балів);

$O_i$  - оцінка за відповідь на окреме питання білету в балах (від 0 до 100 балів);

$i = 1...6$  - номер відповіді на питання білету.

Результуюча оцінка за отриманими усередненими балами виставляється одночасно за двома оціночними шкалами – національною (чотирьох бальною) та шкалою ECTS (літерною) у відповідності до наведеної нижче шкали відповідності.

Результуючу оцінку визначає голова державної екзаменаційної комісії та проставляє її у таблиці в трьох шкалах за 100-бальною системою, за національною шкалою та за шкалою ECTS. Фіксація фінішної оцінки здійснюється особистим підписом голови ЕК.



Таблиця 1 – Шкала відповідності оцінки кваліфікаційної атестації

<b>Набрана усереднена сума балів за 100 бальною шкалою</b>	<b>Оцінка за шкалою ECTS</b>	<b>Оцінка за національною шкалою</b>
90 – 100	<b>A</b>	відмінно
82-89	<b>B</b>	добре
75-81	<b>C</b>	
69-74	<b>D</b>	задовільно
60-68	<b>E</b>	
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання
1-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Після перевірки всіх екзаменаційних робіт, заповнюються відповідні нормативні документи – екзаменаційні відомості та протоколи роботи ЕК.

Відомості проведення державного іспиту та протоколи ЕК передаються до деканату інженерно-технологічного факультету.

## ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

1. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. Трактори і автомобілі. - К.: Урожай, 2002, -324 с.
2. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. Войцехівський А.І. Трактори і автомобілі. - К.:Урожай, 2003, -556 с.
3. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підручник. - К.:Знання - пресс, 2003, - 511 с.
4. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. - К.: Знання, 2004. - 478 с.
5. Лебедєв А.Т., Антощенко В.М., Бойко М.Ф. та ін.; за ред. проф. Лебедєва А.Т. Трактори та автомобілі. ч.3. шасі: навч. посібник / - К.: Вища освіта, 2004. - 336с.
6. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. Сільськогосподарські та меліоративні машини – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
7. Технічний сервіс в АПК: навчально-методичний комплекс: навч. посіб. для студентів інж. спец. на осв.-кваліф. рівні «Бакалавр» напряму «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» / за ред. С.М.Грушецького, І.М.Бендери.- Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2014.- 680с.
8. Практикум з технічної діагностики: навч. посібник / О.В.Козаченко, С.П.Сорокін, О.М.Шкрегаль та ін.; за ред. проф. О.В.Козаченка. – Х.: Факт 2013. – 456с.
9. Лімот А.С. Теоретичні основи забезпечення працездатності машин: навч. посіб. / А.С. Лімот.- Житомир : Держ. Агроєколог. Ун-т, 2008. – 410с.
- 10.Ільченко В.Ю. Лабораторний практикум з використання машин у рослинництві. / Ільченко В.Ю., Кабанець В.С., Кухаренко П.М., Карасьов П.І. та ін.. – Дніпропетровськ : ДДАУ, 2003. – 396 с.
- 11.Сорокін С.П. Практикум з використання паливно-мастильних матеріалів / Сорокін С.П., Козаченко О.В., Клімов П.М., Басенко Л.І. – Харків : ХДТУСГ, 2005. – 197 с.
- 12.Бендера І.М. Технологія технічного обслуговування машин / Бендера І.М., Грушецький С.М., Роздорожнюк П.І., Михайлович Я.М. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2009. - 320 с.
- 13.Бабицький Л.Ф., Соболевський І.В., Абдулгазіс У.А., Москалевич В.Ю., Куклін В.О. Технологія технічного обслуговування сільськогосподарської техніки : навчальний посібник. – Сімферополь: «ДІАЙП», 2011. – 448с.
- 14.Технологічні карти діагностування і технічного обслуговування тракторів. Практичний посібник / О.В.Козаченко, В.М.Блезнюк, С.П.Сорокін та ін. За ред. О.В. Козаченка. – Харків, ТОВ «ЕДЕНА», 2010. - 240с.

15. Господаренко Г.М. Системи технологій в рослинництві / За ред. Г. М. Господаренка і В. О. Єщенка: Навчальний посібник. Умань: СПД Сочінський, 2008. 368 с.
16. Головчук А.Ф. Машиновикористання та екологія довкілля: підручник / А. Ф. Головчук, А. С. Лімонт, А. С. Бондаренко ; за ред. А. Ф. Головчука. - К. : Грамота, 2007. - 360 с.
17. Експлуатація машин і обладнання: навч. посіб. / М.А. Ружицький, В.І. Рябець, В.М. Кіяшко та ін. – Київ : Аграрна освіта, 2011. - 617 с.
18. Левицька Ю. О. та ін. Основи агрономії. – Київ : Аграрна освіта, 2008. – 382с.
19. Лімонт А. С. та ін. Практикум з машиновикористання в рослинництві : навчальний посібник / А.С. Лімонт, І.І. Мельник, А.С. Малиновський та ін. / За ред. І.І. Мельника – К.: Кондор. – 2004. – 284 с.
20. Мельник А.В. Агробіологічні особливості вирощування соняшнику та ріпаку ярового в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Аналітичний огляд та результати дослідження: монографія. – Суми: Унів. кн., 2007. – 228 с.
21. Березуцький В. В. Ризик орієнтований підхід в охороні праці / В. В. Березуцький. – [Б. м.] : LAP Lambert Academic Publishing, 2019. – 108 с.
22. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник — Львів: УАД, 2006 – 336 с.
23. Шеляков О.П., Оберемок В.М. Охорона праці. – К., 2009. – 230 с.
24. Одарченко М.С., Одарченко А.М., Степанов В.І., Черненко Я.М. Основи охорони праці: підручник за ред. М.С. Одарченко . – Х. : Стиль-Издат, 2017. – 334 с.
25. Яремко З.М., Тимошук С.В., Писаревська С.В., Стельмахович О.Б. Охорона праці : навч. посібник за ред. проф. З.М. Яремка. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2018. – 430 с.
26. Батлук В. А. Охорона праці : навч. посібн. / В. А. Батлук, М. П. Кулик, Р. А. Яцюк. – Львів : вид-во національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 360 с.
27. Бровенко Т. В. Основи охорони праці : Опорний конспект лекцій / Т. В. Бровченко – К. : КНТЕУ, 2007. – 52 с.
28. Гогіташвілі Г. Г. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами : навч. посіб. / Г. Г. Гогіташвілі, Є.-Т. Карчевські, В. М. Лапін. – К. : Знання, 2007. – 367 с.
29. Катренко Л. А. Охорона праці: навч. посібн. / Л. А. Катренко, Ю. В. Кіт, І. П. Пістун. – 4-те вид., стер. – Суми : Унів.кн., 2011. – 540 с.

## **ДОДАТКИ**

*Зразок екзаменаційного білету*

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ДЕРЖАВНИЙ ІСПИТ**

на підтвердження СВО «Молодший бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

Кваліфікація: «Молодший бакалавр з агроінженерії»

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1**

1. Будова та призначення системи пуску двигунів.
2. Машини для збирання льону.
3. Способи руху МТА.
4. Приймання машини в ремонт. Зовнішнє очищення і мийка.
5. Вентиляція та її види. Повітряний баланс та його розрахунок.

Затверджено на засіданні  
навчально-методичної ради  
Інженерно-технологічного факультету  
Протокол № 3 від „29” листопада 2021р.

Голова ЕК,  
Зав. кафедрою \_\_\_\_\_

(П.І. по Б.)

Бланк титульного аркушу

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

**ДЕРЖАВНИЙ ІСПИТ**

на підтвердження СВО «Молодший бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»Кваліфікація: «Молодший бакалавр з агроінженерії»

Студент гр. \_\_\_\_\_

---

 (прізвище, ім'я, по-батькові)

Особистий підпис \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_  
(число, місяць, рік)**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № \_\_\_\_\_**

№ п/п	Зміст питання	Кількість балів	Підпис викладача
1			
2			
3			
4			
5			
6			
	Усереднена загальна кількість набраних балів за 100 бальною шкалою		
	Оцінка за шкалою ECTS		
	Оцінка за національною шкалою		

Укладач: Семірненко Юрій Іванович  
Павлов Олександр Григорович

# МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до складання

## ДЕРЖАВНОГО ІСПИТУ З ФАХУ

Рівень вищої освіти: Початковий рівень (короткий цикл)

Ступінь вищої освіти: Молодший бакалавр

Галузь знань: 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

Кваліфікація: «Молодший бакалавр з агроінженерії»

Суми, РВВ, Сумський національний аграрний університет, вул. Г. Кондратьєва 160

---

Підписано до друку: \_\_\_\_\_ 2022 р. Формат А5. Гарнітура Times New Roman

Тираж: 50 примірників      Замовлення

---

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**Інженерно-  
технологічний  
факультет**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**щодо виконання кваліфікаційного завдання**  
**комплексного державного екзамену**  
**СВО “Молодший бакалавр”**  
**ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ: 20 “АГРАРНІ НАУКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВО”**  
**СПЕЦІАЛЬНІСТЬ: 208 “АГРОІНЖЕНЕРІЯ”**

**Суми**

**2022**



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**щодо виконання кваліфікаційного завдання  
комплексного державного екзамену**

**СВО “Молодший бакалавр”**

**ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ: 20 “АГРАРНІ НАУКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВО”**

**СПЕЦІАЛЬНІСТЬ: 208 “АГРОІНЖЕНЕРІЯ”**

**Суми**

**2022**

**УДК–621.81(075.8)**  
**Індекс ББК 22.151.3(Я73)**  
**С-30, П-12**

**Укладачі:** Семірненко Ю.І., к.т.н., доц., зав. каф. проектування технічних систем;  
Павлов О.Г., ст. викладач каф. проектування технічних систем

Методичні вказівки щодо виконання кваліфікаційного завдання комплексного державного екзамену СВО “Молодший бакалавр” галузь знань: 20 “Аграрні науки та продовольство” спеціальність: 208 “Агроінженерія”/ Суми, 2022 рік, 32 стор., 17 табл., 3 рис., 1 додат., 6 бібл.

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 208 “Агроінженерія” і спрямовані на надання методичної допомоги студентам під час виконання кваліфікаційного завдання комплексного державного екзамену.

**Рецензенти:**

Тарельник В.Б., д.т.н., проф., зав. каф. технічного сервісу Сумського НАУ

Саржанов О.А., к.т.н., доц., зав. кафедри експлуатації техніки Сумського НАУ

**Відповідальний за випуск:** Семірненко Ю.І., к.т.н., доцент, зав. кафедри проектування технічних систем СНАУ

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою інженерно-технологічного факультету Сумського національного аграрного університету.

Протокол № 4 від „31” січня 2022 року.



Сумський національний аграрний університет, 2022

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. ВИМОГИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ЗАВДАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ДЕРЖАВНОГО ЕКЗАМЕНУ	7
2. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ЗАВДАННЯ	9
2.1 Розрахунок клинопасової передачі	9
2.2 Розрахунок ланцюгової передачі	14
2.3 Розрахунок відкритої циліндричної передачі	20
3. ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ЗАВДАННЯ	24
3.1 Приклад розрахунку клинопасової передачі	24
3.2 Приклад розрахунку ланцюгової передачі	25
3.3 Приклад розрахунку відкритої циліндричної передачі	28
Література	30
Додаток А	31

## ВСТУП

Метою державної атестації студента є визначення фактичної відповідності його підготовки вимогам освітньо-кваліфікаційної характеристики. Державна атестація здійснюється екзаменаційною комісією (ЕК) після завершення навчання на освітньому рівні «молодший бакалавр». ЕК оцінює рівень науково-теоретичної і практичної підготовки випускників, вирішує питання про здобуття даного освітнього рівня, присвоєння відповідної кваліфікації та видачу документа про вищу освіту.

Державна атестація проводиться у формі комплексного державного екзамену згідно з вимогами відповідної ОПП.

Вимоги до змісту кваліфікаційних завдань державного екзамену визначають випускні кафедри з урахуванням вимог ОКХ, рекомендацій Методичної ради університету, Науково-методичної комісії (НМК) МОН України за відповідним напрямом підготовки.

До державної атестації допускаються студенти, які успішно виконали всі вимоги навчального плану зі спеціальності відповідного освітнього ступеня (не мають академічної заборгованості).

Підготовка до державної атестації є заключним етапом навчання студентів за відповідною програмою підготовки і має на меті систематизування, закріплення і розширення теоретичних знань, вмінь та навичок, визначення спроможності їх практичного застосування у вирішенні професійних завдань, що передбачені для первинних посад відповідно до вимог ОКХ.

Кваліфікаційні завдання комплексного державного екзамену щорічно розробляються і обговорюються на випускних кафедрах, розглядаються Вченою радою факультету і затверджуються деканом.

Підготовка студентів до виконання кваліфікаційного завдання комплексного державного екзамену проводиться у навчальному закладі.

Керівниками випускної кваліфікаційної роботи призначаються провідні викладачі факультету. Кількість закріплених студентів за керівником не повинна перевищувати восьми.

Виконання випускної кваліфікаційної роботи повинно відбуватися у відповідності до календарного плану.

Про всі порушення студентом графіка виконання випускної кваліфікаційної роботи керівник повідомляє декана факультету.

Керівник кваліфікаційної роботи є керівником наукової практики і, відповідно, видає завдання на дану практику. Дані, які були зібрані студентом під час практики, використовуються ним для виконання кваліфікаційного завдання комплексного державного екзамену.

Кваліфікаційне завдання видається студенту за два тижні до комплексного державного екзамену.

# 1 ВИМОГИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ЗАВДАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ДЕРЖАВНОГО ЕКЗАМЕНУ

Кваліфікаційного завдання виконується на комп'ютері (шрифт Times New Roman, 14, інтервал 1,5) або пишеться пастою чорного кольору на одній стороні листа формату А4 з рамками та штампами для текстових документів. Кваліфікаційне завдання складається з титульного аркуша, технічного завдання, змісту, основного тексту, списку використаних джерел.

Титульний аркуш є першим аркушем записки. Його виконують на аркуші формату А4 згідно з формою, наведеною в додатку А. Назви розділів в записці повинні відповідати назвам розділів змісту. Кожний розділ повинен починатися з нової сторінки, мати порядковий номер і заголовок. Підрозділи не потрібно починати з нової сторінки, вони повинні мати двозначну нумерацію і підзаголовок.

Технічне завдання. Бланк технічного завдання містить вихідні дані, спеціальні вимоги, обсяг проекту, дату видачі, підписи студента і керівника. Бланк розміщують після титульного аркуша.

Зміст подають одразу після технічного завдання. Слово «Зміст» записують симетрично щодо тексту. У змісті перелічують заголовки всіх розділів і підрозділів з позначенням номерів аркушів, на яких розміщені ці заголовки. Аркуші змісту повинні мати штамп за формою рис. 1.2.

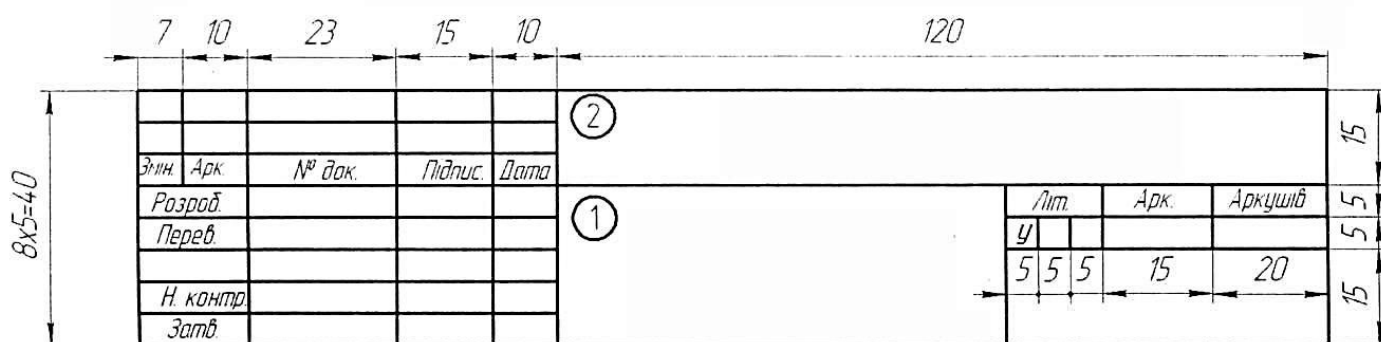


Рис. 1.1 - Основний напис текстового документа для першого аркуша

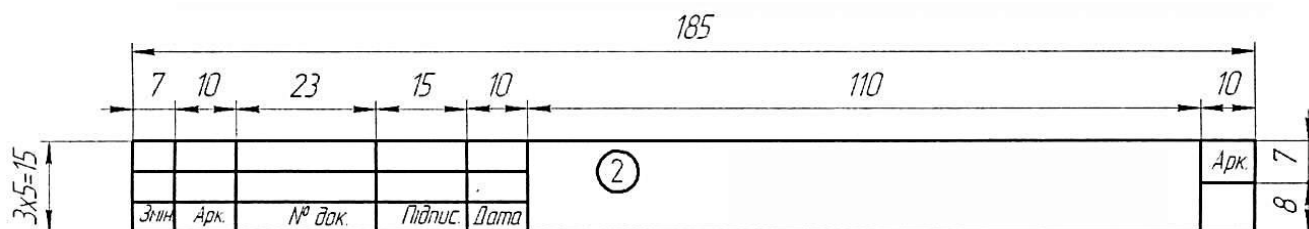


Рис. 1.2 - Основний напис текстового документа для наступних аркушів

Основний текст пояснювальної записки розділяють на розділи і підрозділи. Першу сторінку основного тексту оформляють на заголовному аркуші за формою

рис. 1.1., а всі решта повинні мати штамп за формою рис. 1.2. Розділи мають порядкові номери, позначені арабськими цифрами. Номер підрозділу складається з номерів розділу і підрозділу, розділених крапкою. Розділи і підрозділи можуть включати кілька пунктів. Нумерація пунктів ведеться впродовж кожного розділу або кожного підрозділу. Номер пункту складається з номера розділу або підрозділу і номера пункту, розділених крапкою. При оформленні розрахунку записують розрахункову формулу і підставляють у неї числові значення у тому ж порядку, у якому вони наведені у формулі, і наводять кінцевий результат, пропускаючи проміжні операції і скорочення. Після формули дають пояснення кожного параметра з зазначенням одиниць виміру у тій же послідовності, у якій вони наведені у формулі, наприклад: перевіряємо міцність зубців щодо контактних напружень за формулою

$$\sigma_H = K \cdot \sqrt{\frac{F_t(u_\phi+1)}{d_2 \cdot b_2}} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV} 376 \cdot \sqrt{\frac{86,25 \cdot (3,54+1)}{349,43 \cdot 70}} \cdot 1,04 \cdot 1,12 \cdot 1,01 = 516 \text{ МПа}$$

де  $K = 376$  - допоміжний коефіцієнт для косозубих передач;

$F_t = 8625 \text{ Н}$  - колова сила;

$u_\phi = 3,55$  - фактичне передаточне число;

$d_2 = 349,43 \text{ мм}$  - ділильний діаметр колеса;

$b_2 = 70 \text{ мм}$  - ширина зубчастого вінця колеса;

$K_{H\alpha} = 1,04$  - коефіцієнт, який враховує розподіл навантаження між зубцями;

$K_{H\beta} = 1,12$  - коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу навантаження по довжині зубця;

$K_{HV} = 1,01$  - коефіцієнт, який враховує динамічні навантаження.

Кожен параметр пояснюють у записці лише один раз.

Одержані після розрахунку параметри слід округлювати, де це необхідно, до стандартних значень.

Схеми в записці викреслюються в вільному масштабі з використанням креслярського приладдя або вставляються у текст у вигляді фрагментів.

Таблиці, що приводяться в записці повинні мати назву і номер.

Всі листи записки нумеруються, включаючи листи завдання. Не нумерується тільки титульний аркуш.

Список використаної літератури наводять у кінці пояснювальної записки. Список складають у алфавітному порядку за прізвищами авторів. Посилаючись у тексті на літературне джерело, вказують лише порядковий номер зі списку у квадратних дужках.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ЗАВДАННЯ

### 2.1 Розрахунок клинопасової передачі

В залежності від форми поперечного перерізу паса передачі бувають: плоскопасові, клинопасові, поліклинопасові (рис. 2.1).

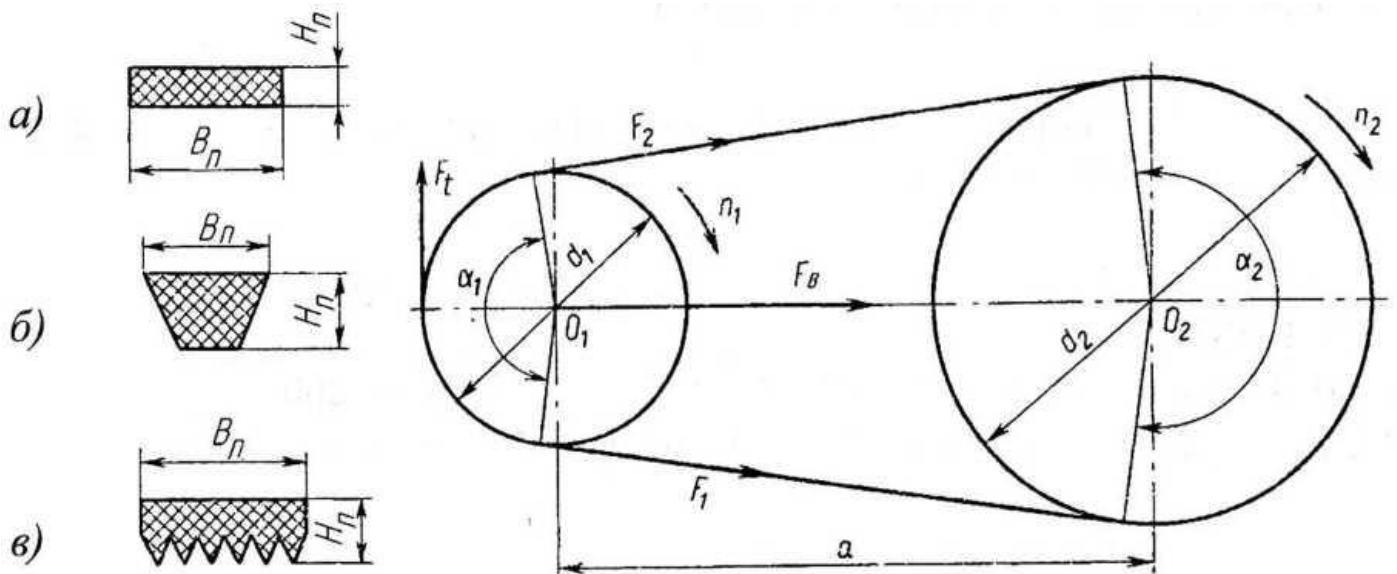


Рис. 2.1. Геометричні параметри пасової передачі.

Перерізи пасів: *a* - плоского; *б* - клинового; *в* – поліклинового

Всі клинові і поліклинові паси стандартизовані і виготовляються суцільними у вигляді замкненого кільця. Клинові паси нормальних перерізів: Z, A, B, C, D, EО.

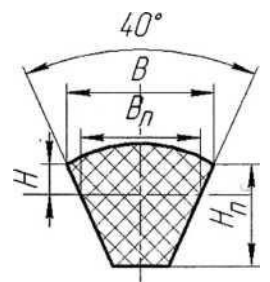
Клинові паси вузьких перерізів: SPZ, SPA, SPB, SPC.

Розрахунок передач виконується у такій послідовності.

- За значенням крутного моменту  $T_1$  на ведучому шківі визначити тип паса та мінімальний діаметр шківів  $d_{1min}$  (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Розміри і параметри поперечних перерізів клинових пасів

Переріз паса	Базова довжина $L_b$ , мм	$T_1$ , Н · м	$d_{1min}$ , мм	Кільк. пасів Z, шт.	Розміри, мм			
					$B_n$	$B$	$H_n$	$H$
Z	1320	<30	63	2...4 (8)	8,5	10	6	2,5
A	1700	15...60	90	2...4 (8)	11,0	13	8	3,3
B	2240	50...150	125	2...4 (8)	14,0	17	11	4,2
C	3750	120...600	200	2...5 (8)	19,0	22	14	5,7
D	6000	450..2400	315	2...5 (8)	27,0	32	19	8,1
SPZ	1600	< 150	63	2...4 (8)	8,5	10	8	2,0
SPA	2500	90...400	90	2...4 (8)	11,0	13	10	2,8
SPB	3350	300..2000	140	2...5 (8)	14,0	17	13	3,5
SPC	5600	> 1500	224	2...5 (8)	19,0	22	18	4,8





Фактичне значення  $d_1$  слід узяти  $d_1 \geq d_{1min}$ .

- Визначити діаметр веденого шківa передачі, мм:

$$d'_2 = d_1 \cdot u.$$

Розрахунковий діаметр  $d_2 \leq d'_2$  (перший менший) вибрати за табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахункові діаметри шківів  $d$  клинопасових передач, мм

..., 40, 45, 50, 53, 56, 60, 63, 71, 80, 90, 100, 106, 112, 118, 125, 132, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 212, 224, 236, 250, 265, 280, 300, 315, 335, 355, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 530, 560, 600, 630, 670, 710, 750, 800, 850, 900, 950, 1000...
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- Визначити фактичне передаточне число:

$$u_\phi = d_2 / (d_1 \cdot (1 - \varepsilon)),$$

де  $\varepsilon = (0,01 \dots 0,02)$  - коефіцієнт пружного ковзання паса.

- Визначити мінімальну міжосьову відстань, мм,

$$a_{min} \geq 0,55(d_1 + d_2).$$

- Визначити розрахункову довжину паса, мм:

$$L'_n = 2 a_{min} + 0,5\pi(d_1 + d_2) + 0,25(d_2 - d_1)^2 / a_{min}.$$

Вибрати за табл. 2.3 стандартну довжину паса за умови  $L_n > L'_n$ .

- Знайти фактичну міжосьову відстань, мм:

$$a_\phi = a_{min} + 0,5(L_n - L'_n).$$

- Знайти кут охоплення пасом ведучого шківa, град:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \cdot (d_2 - d_1) / a_\phi \geq 120^\circ.$$

- Обчислити швидкість паса, м/с:

$$V = \pi \cdot d_1 \cdot n_1 / (60 \cdot 1000) \leq 30 \text{ м/с}.$$

- Знайти число пробігів паса, с:

$$i = V \cdot 10^3 / L_n \leq [i] \leq 40 \text{ с}^{-1}.$$

Визначити номінальну потужність, яку передають один клиновий пас з при  $\alpha_1 = 180^\circ$ ,  $u = 1$ ,  $L_n = L_\phi$  та спокійній роботі, за табл. 2.4, 2.5.

Таблиця 2.3 - Довжини пасів  $L_n$  і значення коефіцієнта  $C_L$ 

$L_n$ , мм	Переріз паса								
	Z	A	B	C	D	SPZ	SPA	SPB	SPC
400	0,79	—	—	—	—	—	—	—	—
450	0,80	—	—	—	—	—	—	—	—
500	0,81	—	—	—	—	—	—	—	—
560	0,82	0,79	—	—	—	—	—	—	—
630	0,84	0,81	—	—	—	0,85	—	—	—
710	0,86	0,83	—	—	—	0,87	—	—	—
800	0,90	0,85	—	—	—	0,89	0,83	—	—
900	0,92	0,87	0,82	—	—	0,91	0,84	—	—
1000	0,94	0,89	0,84	—	—	0,92	0,86	—	—
1120	0,95	0,91	0,86	—	—	0,94	0,87	—	—
1250	0,98	0,93	0,88	—	—	0,96	0,89	0,84	—
1400	1,01	0,96	0,90	—	—	0,97	0,90	0,86	—
1600	1,04	0,99	0,93	—	—	1,00	0,91	0,88	—
1800	1,06	1,01	0,95	0,85	—	1,02	0,94	0,90	—
2000	1,08	1,03	0,98	0,88	—	1,03	0,96	0,92	—
2240	1,10	1,06	1,00	0,91	—	1,06	0,98	0,93	0,83
2500	1,30	1,09	1,03	0,93	—	1,07	1,00	0,95	0,86
2800	—	1,11	1,05	0,95	—	1,09	1,01	0,97	0,88
3150	—	1,13	1,07	0,97	0,85	1,12	1,02	0,99	0,90
3550	—	1,15	1,09	0,99	0,88	1,14	1,06	1,00	0,92
4000	—	1,17	1,13	1,02	0,91	—	1,08	1,03	0,94
4500	—	—	1,15	1,04	0,93	—	1,10	1,05	0,96
5000	—	—	1,18	1,07	0,96	—	—	1,07	0,98
5600	—	—	1,20	1,09	0,98	—	—	1,09	1,00
6300	—	—	1,23	1,12	1,01	—	—	1,11	1,02
7100	—	—	—	1,15	1,04	—	—	1,13	1,04
8000	—	—	—	1,18	1,06	—	—	1,16	1,06
9000	—	—	—	1,21	1,09	—	—	—	1,08
10000	—	—	—	1,23	1,11	—	—	—	1,10

Примітка. Коефіцієнт  $C_L$  враховує довжину паса.  $C_L = \sqrt[6]{L_n / L_6}$ .

Таблиця 2.4 - Номінальна потужність  $[P]_0$ , яка передається одним клиновим пасом нормального перерізу

Переріз паса	$d_l$ , мм	$[P]_0$ , кВт, за швидкості паса $V$ , м/с					
		3	5	10	15	20	25
Z	63	0,33	0,49	0,82	1,03	1,11	—
	71	0,37	0,56	0,95	1,22	1,37	1,40
	80	0,43	0,62	1,07	1,41	1,60	1,65
	90	0,49	0,67	1,16	1,56	1,73	1,90
A	90	0,71	0,84	1,39	1,75	1,88	—
	100	0,72	0,95	1,60	2,07	2,31	2,29
	112	0,74	1,05	1,82	2,39	2,74	2,82
	125	0,80	1,15	2,00	2,66	3,10	3,27
	140	0,87	1,26	2,17	2,91	3,42	3,67
B	125	0,95	1,39	2,26	2,80	—	—
	140	1,04	1,61	2,70	3,45	3,83	—
	160	1,16	1,83	3,15	4,13	4,74	4,88
	180	1,28	2,01	3,51	4,66	5,44	5,76
	200	1,40	2,10	3,73	4,95	5,95	6,32
C	200	1,85	2,77	4,59	5,80	6,33	—
	224	2,08	3,15	5,25	6,95	7,86	7,95
	250	2,28	3,48	6,02	7,94	9,18	9,60
	280	2,46	3,78	6,63	8,86	10,4	11,1
D	315	—	4,71	8,45	11,62	11,90	—
	355	—	5,15	9,20	12,08	13,72	—
	400	—	5,59	10,08	13,52	15,72	—
	455	—	6,10	10,98	14,56	17,00	—

Таблиця 2.5 - Номінальна потужність  $[P]_0$ , яка передається одним клиновим пасом вузького перерізу

Переріз паса	$d_l$ , мм	$[P]_0$ , кВт, за швидкості паса $V$ , м/с					
		5	10	15	20	25	30
SPZ	63	0,95	1,50	1,80	1,85	—	—
	71	1,18	1,95	2,46	2,73	2,65	—
	80	1,38	2,34	3,06	3,50	3,66	—
	90	1,55	2,65	3,57	4,20	4,50	4,55
	100	1,66	2,92	3,95	4,72	5,20	5,35
	112	1,80	3,20	4,35	5,25	5,85	6,15
SPA	90	1,56	2,57	—	—	—	—
	100	1,89	3,15	4,04	4,46	—	—
	112	2,17	3,72	4,88	5,61	5,84	—
	125	2,41	4,23	5,67	6,60	7,12	7,10
	140	2,64	4,70	6,30	7,56	8,25	8,43
	160	2,88	5,17	7,03	8,54	9,51	9,94
SPB	140	2,95	5,00	6,37	—	—	—
	160	3,45	5,98	7,88	9,10	9,49	—
	180	3,80	6,70	9,05	10,6	14,1	11,5
	200	4,12	7,30	10,0	11,9	13,6	13,3
	224	4,26	7,88	10,7	13,0	14,9	15,1
	250	4,66	8,50	11,6	14,1	11,5	16,8
SPC	224	5,45	9,40	12,3	14,1	—	—
	250	6,05	10,6	14,2	16,6	17,6	17,1
	280	6,60	11,5	16,3	18,7	20,5	20,7
	315	7,08	12,8	17,4	20,9	23,2	23,9

- Визначити потужність, яку передає один клиновий пас в реальних умовах експлуатації, кВт,

$$[P]_n = [P]_0 \cdot C_a \cdot C_L \cdot C_p \cdot C_z,$$

де  $C_a$  вибирається за табл. 2.6,

$C_L$  вибирається за табл. 2.3,

$C_p$  вибирається за табл. 2.7,

$C_2$  вибирається за табл. 2.8.

Таблиця 2.6 - Коефіцієнт кута охоплення  $\alpha$  на ведучому шківі  $C_a$

$a_x^\circ$	220	210	200	190	180	170	160	150	140	130	120	100
$C_a$	1,08	1,06	1,04	1,02	1,00	0,98	0,95	0,92	0,89	0,86	0,82	0,73

Таблиця 2.7 - Коефіцієнт динамічності навантаження  $C_p$

Характер навантаження	спокійне	з помірними коливаннями	зі значними коливаннями	ударне і досить нерівномірне
$C_p$	1,0	0,9	0,8	0,7

*Примітка.* При двозмінній роботі  $C_p$  слід зменшити на 0,1, при тризмінній - на 0,2.

Таблиця 2.8 - Значення коефіцієнта  $C_z$ , що враховує число пасів

Очікуване число пасів	2	3	4	5...6	Понад 6
$C_z$	0,80...0,85	0,70...0,82	0,76...0,80	0,75...0,79	0,75

- Визначити число клинових пасів у комплекті:

$$Z = P_1/[P]_n \leq [Z]_{max}$$

Для клинопасових передач рекомендується  $[Z]_{max} < 8$  внаслідок неоднакової довжини пасів і нерівномірності навантаження/ Якщо  $Z > [Z]_{max}$ , то необхідно збільшити  $d_1$  або узяти пас більшого перерізу.

## 2.2 Розрахунок ланцюгової передачі

Ланцюгові передачі належать до передач зачепленням з гнучким зв'язком. Складаються з ведучої та веденої зірочок, охоплених ланцюгом (рис. 2.2).

Головним елементом ланцюгової передачі є приводний ланцюг, який складається з шарнірно з'єднаних ланок. Основні типи приводних ланцюгів (втулкові, роликові, зубчасті) стандартизовані і виготовляються на профільних підприємствах. На рис. 2.3 зображено конструкції приводних ланцюгів.

У табл.2.9 наведено розміри і параметри приводних роликів ланцюгів.

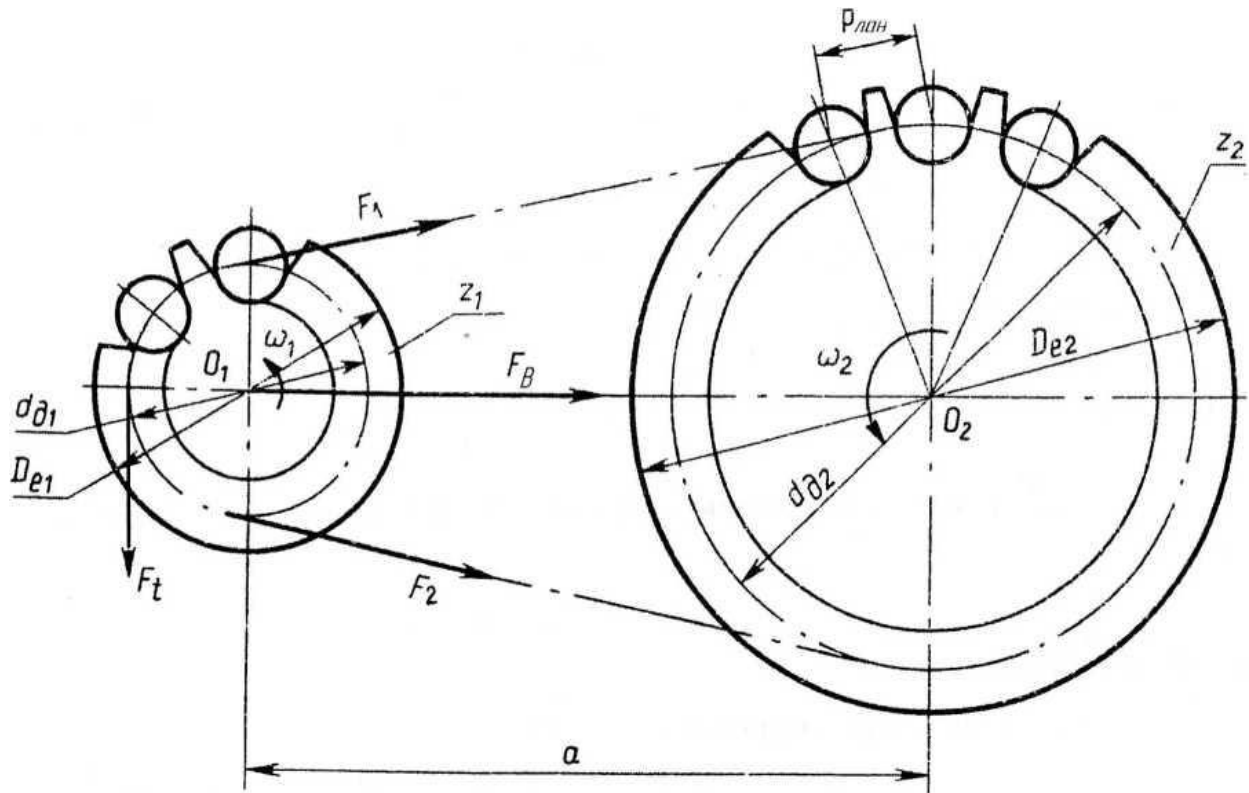


Рис. 2.2. Геометричні та силові параметри ланцюгової передачі

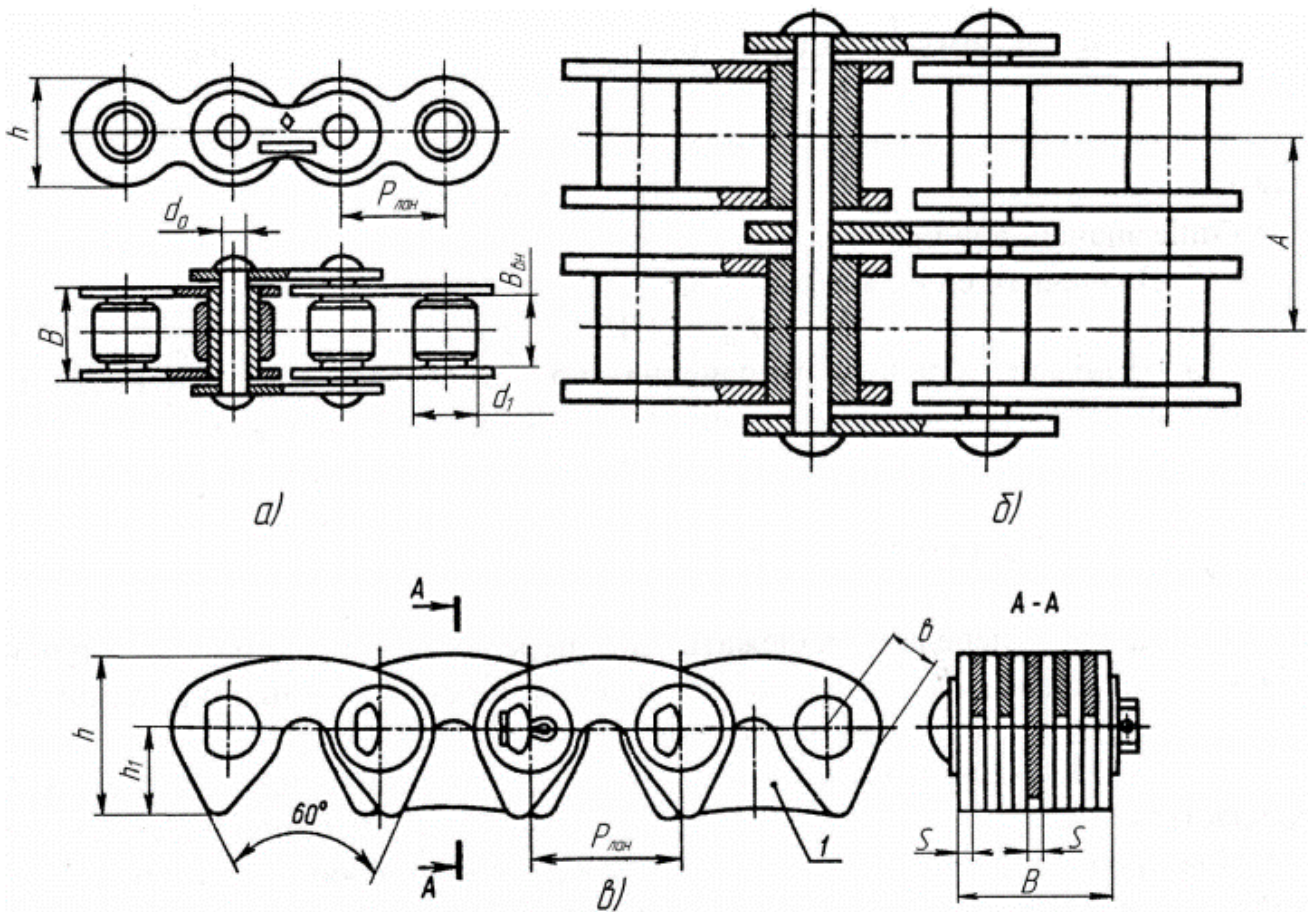


Рис. 2.3. Конструкції приводних ланцюгів:

а) роликового; б) втулкового дворядного; в) зубчастого

Таблиця 2.9. Розміри та параметри приводних роликів ланцюгів типів ПР, 2ПР, 3ПР (ГОСТ 13 568)

Позначення ланцюга	Розміри, мм			$S$ , мм <sup>2</sup>	Руйнівна сила $F$ , кН			Маса $m$ , кг/м		
	$p_{лан}$	$d_o$	$B$		ПР	2ПР	3ПР	ПР	2ПР	3ПР
ПР-8-4,6	8,00	2,31	3,00	11	4,60	—	—	0,20	—	—
ПР-9,525-9,1	9,525	3,28	5,72	28	9,10	—	—	0,45	—	—
ПР-12,7-10,0-1	12,7	3,66	2,40	13	10,0	—	—	0,30	—	—
ПР-12,7-9,0-2	12,7	3,66	3,30	22	9,00	—	—	0,35	—	—
ПР-12,7-18,2-1	12,7	4,45	5,40	39	18,2	—	—	0,65	—	—
ПР-12,7-18,2-2	12,7	4,45	7,75	50	18,2	31,8	45,4	0,75	1,4	2,0
ПР-15,875-23-1	15,875	5,08	6,48	51	23,0	—	—	0,80	—	—
ПР-15,875-23-2	15,875	5,08	9,65	67	23,0	45,4	68,1	1,0	1,9	2,8
ПР-19,05-31,8	19,05	5,94	12,7	105	31,8	64,0	96,0	1,9	2,9	4,3
ПР-25,4-60	25,4	7,92	15,8	179	60,0	114	171	2,6	5,0	7,5
ПР-31,75-89	31,75	9,53	19,0	262	89,0	177	266	3,8	7,3	11,0
ПР-38,1-127	38,1	11,10	25,4	394	127,0	254	381	5,5	11,0	16,5
ПР-44,45-172,4	44,45	12,70	25,4	473	172,4	345	517	7,5	14,4	21,7
ПР-50,8-227	50,8	14,27	31,7	645	227,0	454	680	9,7	19,1	28,3
ПР-63,5-354	63,5	19,84	38,1	1089	354,0	—	—	16	—	—

Примітки: 1.  $S$  - площа опорної поверхні шарніра на діаметрі  $d_o$ , мм<sup>2</sup>. 2. Площа опорної поверхні шарніра багаторядного ланцюга дорівнює добутку площі опорної поверхні шарніра однорядного ланцюга на число рядів.

Рекомендовані значення числа зубців зірочок, частоти обертання малої зірочки і коллової швидкості ланцюгів:

- втулкового:  $Z_1 \geq 13$ ,  $Z_2 \leq 90$ ,  $n_1 \leq 1000$  об/хв,  $V \leq 10$  м/с;
- роликів:  $Z_1 \geq 15$ ,  $Z_2 \leq 120$ ,  $n_1 < 1000$  об/хв,  $V \leq 10$  м/с;

Приклади умовних позначень ланцюгів:

- ланцюг приводний роликів однорядний, нормальної точності, крок 25,4 мм з руйнівним навантаженням 6 кН:

- Ланцюг ПР-25,4-6 ГОСТ 13568;

- ланцюг приводний роликів трирядний підвищеної точності, крок 44,45 мм з руйнівним навантаженням 51,72 кН:

- Ланцюг 3ПР-44,45-51,72 ГОСТ 13568;

*Розрахунок передачі з роликівим або втулковим ланцюгом*

1. Визначити орієнтовний крок однорядного ланцюга, мм:

$$p'_{\text{лан}} = 4,5 \sqrt[3]{T_1}$$

2. За табл. 2.9 вибрати ланцюг, крок якого є найближчим до розрахункового. Виписати з таблиці його крок  $p_{\text{лан}}$ , руйнівну силу  $F$ , площу опорної поверхні шарніра  $S$  і погонну масу  $m$ . При виборі ланцюга перевагу слід надавати однорядним ланцюгам типу ПР.

3. Визначити оптимальне значення міжосьової відстані, мм,

$$a_{\text{опт}} = (30 \dots 50) p_{\text{лан}}$$

4. За табл. 2.10 вибрати число зубців ведучої зірочки.

Таблиця 2.10. Рекомендоване число зубців  $Z_1$  ведучої зірочки

$u$	1...2	2...3	3...4	4...5	5...6	>6
$Z_1$	30...27	27...25	25...23	23...21	21...17	17...15
Оптимальне значення $Z_1 = 29 - 2u$						

5. Знайти число зубців веденої зірочки:

$$Z_2 = Z_1 \cdot u \leq 120.$$

Вибрати  $Z_1$  і  $Z_2$  непарними числами.

6. Визначити фактичне передаточне число:

$$u_{\text{ф}} = Z_2 / Z_1.$$

7. Визначити коефіцієнт  $k_E$ , який враховує умови експлуатації ланцюга:

$$k_E = k_{\partial} \cdot k_l \cdot k_p \cdot k_n \cdot k_c \cdot k_{\text{реж}} \leq 3,0,$$

де  $k_{\partial}$  - коефіцієнт, який враховує динамічність навантаження;

$k_l$  - коефіцієнт, який враховує довжину ланцюга;

$k_p$  - коефіцієнт, який враховує спосіб регулювання натягу ланцюга;

$k_n$  - коефіцієнт, який враховує нахил передачі до горизонту;

$k_c$  - коефіцієнт, який враховує умови мащення;

$k_{\text{реж}}$  - коефіцієнт, який враховує режим роботи передачі.

Значення цих коефіцієнтів наведено у табл. 2.11.

8. Обчислити швидкість ланцюга, м/с:

$$V = p_{\text{лан}} \cdot Z_1 \cdot n_1 / (60 \cdot 1000).$$

9. Визначити колову силу, Н:



$$F_t = P_I \cdot 10^3 / V.$$

10. Визначити питомий тиск у шарнірах ланцюга Н/ мм , (МПа):

$$p = F_t \cdot k_E / (S \cdot k_{ряд}),$$

де  $k_{ряд}$  - коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу навантаження між рядами ланцюга (табл. 2.11);

$[p]$  - допустимий питомий тиск (табл. 2.12).

Значення питомого тиску має міститись в інтервалі  $0,6 [p] \leq p < 1,05 [p]$ .

Таблиця 2.11. Значення коефіцієнтів ланцюгової передачі

$k_\delta$	
1	Рівномірне навантаження або близьке до нього: $k_\delta = 1,0$
2	Нерівномірне навантаження: $k_\delta = 1,2 \dots 1,5$
3	Ударне навантаження: $k_\delta = 1,6 \dots 1,9$
$k_l$	
1	$a < 25 p_{лан}$ , $k_l = 1,25$ Мінімальна міжосьова відстань
2	$a = (30 \dots 50) p_{лан}$ , $k_l = 1,00$ передачі
3	$a > (60 \dots 80) p_{лан}$ , $k_l = 0,80$ $a_{min} = 0,6 \cdot (D_{e1} + D_{e2}) + (30 \dots 50)$ , мм
$k_p$	
Регулювання натягу ланцюга здійснюється:	
1	переміщенням осі однієї з зірочок, $k_p = 1,00$
2	відтяжними зірочками або натискними роликками, $k_p = 1,10$
3	не регулюється, $k_p = 1,25$
$k_n$	
Лінія центрів зірочок нахилена до горизонту під кутом	
1	до $60^\circ$ $k_n = 1,00$
2	більше $60^\circ$ $k_n = 1,25$
$k_c$	
1	постійне мащення $k_c = 0,8 \dots 1,0$
2	крапельне мащення $k_c = 1,2$
3	періодичне мащення $k_c = 1,5$
$k_{реж}$	
1	Робота передачі однозмінна $k_{реж} = 1,00$
2	двозмінна $k_{реж} = 1,25$
3	тризмінна $k_{реж} = 1,45$
$k_{ряд}$	
Число рядів	1      2      3      4
$k_{ряд}$	1,0    1,7    2,5    3,0

Таблиця 2.12. Допустимий тиск  $[p]$  в шарнірах роликів ланцюгів

Крок ланцюга $p_{лан}$ , мм	$[p]$ , Н/мм <sup>2</sup>									
	за частоти обертання малої зірочки $n_1$ , об/хв									
	10	50	100	200	400	600	800	1000	1200	1600
12,7; 15,875	40	35	33	31	28	26	24	22	21	18
19,05; 25,4	40	35	32	30	26	23	21	19	17	15
31,75; 38,1	40	35	32	29	24	21	18	16	15	
44,45; 50,8	40	35	30	26	21	17	15	—		

У разі невідповідності розрахованого тиску і допустимого змінити крок ланцюга, його рядність або параметри, які впливають на коефіцієнт  $k_E$ .

11. Визначити число ланок ланцюга:

$$Z'_л = 2a_{онт} / p_{лан} + 0,5(Z_1 + Z_2) + 0,025/p_{лан} (Z_2 - Z_1)^2 / a_{онт}.$$

Отримане значення  $Z'_л$  округлити до цілого парного числа.

12. Уточнити міжосьову відстань, мм:

$$a_\phi = \frac{p_{лан}}{4} \left( Z_\phi - \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \sqrt{\left( Z_\phi - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - 8 \left( \frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} \right)^2} \right).$$

13. Визначити відцентрову силу в передачі, Н:

$$F_\psi = m \cdot V^2,$$

де  $m$  - маса одного метра ланцюга (табл. 2.9).

14. Визначити силу попереднього натягу від провисання веденої вітки ланцюга, Н:

$$F_\pi = 9,81 \cdot k_f \cdot m \cdot a_\phi \cdot 10^3,$$

де  $k_f$  - коефіцієнт провисання; при вертикальному розміщенні передачі  $k_f = 1$ , при горизонтальному -  $k_f = 6$ .

15. Визначити коефіцієнт запасу міцності ланцюга:

$$S = F \cdot 10^3 / (F_t \cdot k_\delta + F_\psi + F_\pi) \geq [S],$$

де  $F$  - сила, яка руйнує ланцюг (табл. 2.9).

Значення  $[S]$  наведено у табл. 2.13.

Таблиця 2.13. Мінімальний коефіцієнт запасу міцності  $[S]$  втулкового ланцюга

Крок ланцюга $p_{лань}$ , мм	$[S]$ за частоти обертання малої зірочки $n_1$ , об/хв								
	50	100	200	300	400	500	600	800	1000
12,7	7,1	7,3	7,6	7,9	8,2	8,5	8,8	9,4	10,0
15,875	7,2	7,4	7,8	8,2	8,6	8,9	9,3	10,1	10,8
19,05	7,2	7,5	8,0	8,4	8,9	9,4	9,7	10,8	11,7
25,4	7,3	7,6	8,3	8,9	9,5	10,2	10,8	12,0	13,3
31,75	7,4	7,8	8,6	9,4	10,2	11,0	11,8	13,4	—
38,1	7,5	8,0	8,9	9,8	10,8	11,8	12,7	—	—
44,45	7,6	8,1	9,2	10,3	11,4	12,5	—	—	—
50,8	7,6	8,3	9,5	10,8	12,0	—	—	—	—

16. Визначити параметри зірочок, мм:

- ділильні діаметри

$$d_{\partial 1} = p_{лан} / \sin(\pi/Z_1);$$

$$d_{\partial 2} = p_{лан} / \sin(\pi/Z_2).$$

- діаметри вершин

$$D_{e1} = p_{лан} \cdot (0,5 + 1/\operatorname{tg}(\pi/Z_1));$$

$$D_{e2} = p_{лан} \cdot (0,5 + 1/\operatorname{tg}(\pi/Z_2)).$$

### 2.3 Розрахунок відкритої циліндричної передачі

Розміри зубчастих коліс у відкритих передачах визначають з розрахунку на витривалість щодо напружень згину. Відкриті передачі не розраховують на контактну міцність тому, що абразивне зношення зубців відбувається швидше, ніж утомне руйнування поверхні зубців. Розрахунок зубців на згин полягає у знаходженні модуля.

Відкриті зубчасті передачі виготовляють лише з прямими зубцями. Вони працюють з невеликими швидкостями, як правило, до 3 м/с, ступінь точності зубців - 9. Під час роботи вони інтенсивно зношуються, допустиме зношення становить до 25% від початкової товщини зубців по ділильному колу. У відкритих передачах деякі параметри, такі як міжосьова відстань  $a_w$ , передаточне число  $u$ , коефіцієнт ширини зубчастого вінця  $\psi_d$  не регламентуються стандартами.

1. Вибір матеріалів шестірні і колеса, знаходження допустимих напружень. З метою зменшення зношення рекомендуються матеріали: шестірня - зі сталі, колесо - з чавуну. В таблиці 2.14 наведено деякі матеріали для відкритих передач.

Таблиця 2.14. Матеріали зубчастих коліс відкритих передач

Матеріал	Твердість, <i>HB</i>	Допустиме напруження, [ $\sigma$ ] <sub>F</sub> , МПа	Матеріал	Твердість, <i>HB</i>	Допустиме напруження, [ $\sigma$ ] <sub>F</sub> , МПа
Сталь 45	180...200	110	Чавун СЧ 30	187...255	80
Сталь 45	240...280	130	Чавун ВЧ 30	197...265	85
Сталь 40Х	210...230	130	Текстоліт	30...35	40
Сталь 40Х	240...280	150	Поліамідкапрон	14...15	30

2. Проектний розрахунок. Визначити модуль передач, мм,

$$m \geq 1,4 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot 10^3 \cdot K_{F\beta} \cdot Y_{F1}}{Z_1^2 \cdot \psi_d \cdot [\sigma]_F}}$$

де  $T_1$ , Н · м, - крутний момент на шестірні;

[ $\sigma$ ]<sub>F</sub>, МПа (Н/мм<sup>2</sup>), - допустиме напруження на згин;

$Z_1 = 18...22$  - число зубців шестірні;

$\psi_d$  - коефіцієнт ширини шестірні щодо діаметра. При  $HB < 350$ :

$\psi_d = 0,8... 1,4$  - симетричне розміщення шестірні відносно опор;

$\psi_d = 0,6...1,2$  - несиметричне;  $\psi_d = 0,3...0,4$  - консольне;

$Y_{F1}$  - коефіцієнт форми зубця шестірні, вибирається за табл. 2.15;

$K_{F\beta}$  - коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження по ширині вінця, знаходиться за табл. 2.15.

Вибрати найближче більше значення модуля згідно зі стандартом табл. 2.17).

Таблиця 2.15. Коефіцієнти форми зубців

$Z_V$	17	20	25	30	40	50	60	80	>100
$Y_F$	4,27	4,07	3,90	3,80	3,70	3,65	3,63	3,61	3,60

Таблиця 2.16. Значення коефіцієнтів  $K_{H\beta}$  і  $K_{F\beta}$

Розміщення шестірні щодо опор	Твердість зубців колеса $HB_2$	$K_{H\beta}$					$K_{F\beta}$				
		при $\Psi_d = 0,5 \Psi_{\alpha(u+1)}$ - циліндричні									
		0,2	0,4	0,6	0,8	1,2	0,2	0,4	0,6	0,8	1,2
1. Консольне на кулькових підшипниках	<350	1,08	1,17	1,28	-	-	1,16	1,37	1,64	-	-
	>350	1,22	1,44	-	-	-	1,33	1,70	-	-	-
2. Консольне на роликів підшипниках	<350	1,06	1,12	1,19	1,27	-	1,10	1,22	1,38	1,57	-
	>350	1,11	1,25	1,45	-	-	1,20	1,44	1,71	-	-
3. Симетричне	<350	1,01	1,02	1,03	1,04	1,07	1,01	1,03	1,05	1,07	1,14
	>350	1,01	1,02	1,04	1,07	1,16	1,02	1,04	1,08	1,14	1,30
4. Несиметричне	<350	1,03	1,05	1,07	1Д2	1,19	1,05	1,10	1,17	1,25	1,42
	>350	1,06	1,12	1,20	1,29	1,48	1,09	1,18	1,30	1,43	1,73

Таблиця 2.17. Модулі  $m_n$  зубчастих коліс, мм

1 -й ряд	1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8 1
2-й ряд	1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7

3. Визначити геометричні розміри передачі:

- число зубців колеса

$$Z_2 = Z_1 \cdot u;$$

- ділильні діаметри

$$d_1 = m \cdot Z_1;$$

$$d_2 = m \cdot Z_2;$$

- діаметри вершин зубців

$$d_{a1} = d_1 + 2m;$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m;$$

- діаметри западин зубців

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m;$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5m;$$

- міжосьову відстань

$$a_w = m \cdot (Z_1 + Z_2)/2;$$

- ширину зубчастого вінця колеса

$$b_2 = \psi_d \cdot d_1;$$

- ширину зубчастого вінця шестірні

$$b_1 = b_2 + (2...5) \text{ мм.}$$

4. Визначити сили в зачепленні:

- колову

$$F_t = 2T_1 \cdot 10^3 / d_1;$$

- радіальну

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

де  $\alpha = 20^\circ$  - кут зачеплення.

5. Перевірити міцність зубців передачі щодо напружень згину:

$$\sigma_F = Y_{F2} \frac{F_t \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV}}{b_2 \cdot m} \leq [\sigma]_F$$

де  $K_{FV} = 1,0$  для відкритих передач.

## 3 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ЗАВДАННЯ

### 3.1 Приклад розрахунку клинопасової передачі

Вихідні дані: потужність на ведучому шківі  $P_1 = 4$  кВт; частота обертання ведучого шківа  $n_1 = 1430$  об/хв; передаточне число  $u = 3$ ; крутний момент на ведучому шківі  $T_1 = 26,7$  Н·м, розміщення передачі - під кутом  $45^\circ$  до горизонту; робота передачі однозмінна з помірними коливаннями; тип пасу – клиновий нормального перерізу.

Розв'язання.

1. За значенням крутного моменту за табл. 2.1 беремо клиновий пас А,  $d_{1min} = 90$  мм. За умовою  $d_1 > d_{1min}$  вважаємо  $d_1 = 106$  мм (табл. 2.2).

2. Визначаємо діаметр веденого шківа:

$$d'_2 = d_1 \cdot u = 106 \cdot 3 = 318 \text{ мм};$$

Вибираємо за табл. 2.2 стандартні значення шківів за умови  $d_2 \leq d'_2$ :

$$d_2 = 315 \text{ мм}.$$

3. Визначаємо фактичне передаточне число:

$$u_\phi = d_2 / (d_1 \cdot (1 - \varepsilon)) = 315 / (106 \cdot (1 - 0,02)) = 3,03;$$

4. Визначаємо мінімальну міжосьову відстань:

$$a_{min} \geq 0,55(d_1 + d_2) = 0,55 \cdot (106 + 315) \approx 232 \text{ мм};$$

5. Визначаємо розрахункову довжину пасу:

$$L'_n = 2 a_{min} + 0,5\pi(d_1 + d_2) + 0,25(d_2 - d_1)^2 / a_{min} = 2 \cdot 232 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (106 + 315) + 0,25 \cdot (315 - 106)^2 / 232 \approx 1172 \text{ мм};$$

Вибираємо за табл. 2.3 довжину клинового пасу А,  $L_n = 1250$  мм і значення коефіцієнта, що враховує довжину пасу  $C_L = 0,93$ .

6. Знаходимо фактичну міжосьову відстань:

$$a_\phi = a_{min} + 0,5(L_n - L'_n) = 232 + 0,5 \cdot (1250 - 1172) = 271 \text{ мм}.$$

7. Знаходимо кут охоплення пасом ведучого шківа:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \cdot (d_2 - d_1) / a_\phi \geq 120^\circ = 180^\circ - 57^\circ \cdot (315 - 106) / 271 = 136^\circ > 120^\circ.$$

8. Обчислюємо швидкість пасу:

$$V = \pi \cdot d_1 \cdot n_1 / (60 \cdot 1000) = 3,14 \cdot 106 \cdot 1430 / (60 \cdot 1000) = 7,93 \text{ м/с};$$

9. Знаходимо число пробігів пасу:

$$i = V \cdot 10^3 / L_n = 7,93 \cdot 1000 / 1250 = 6,34 \text{ с}^{-1} < [i] < 40 \text{ с}^{-1}.$$

Визначаємо за табл. 2.4 номінальну потужність, яку передає один клиновий пас А при  $\alpha_l = 180^\circ$ ;  $u = 1$ ,  $L_n = L_\delta$  та спокійній однозмінній роботі;  $[P]_0 = 1,6$  кВт.

10. Визначаємо потужність, яку передає один клиновий пас А в реальних умовах експлуатації:

$$[P]_n = [P]_0 \cdot C_\alpha \cdot C_L \cdot C_p \cdot C_z = 1,6 \cdot 0,89 \cdot 0,93 \cdot 0,9 \cdot 0,77 \approx 0,93 \text{ кВт},$$

де  $C_\alpha = 0,89$  беремо за табл. 2.6;

$C_L = 0,93$  беремо за табл. 2.3;

$C_p = 0,9$  беремо за табл. 2.7;

$C_z = 0,78$  беремо за табл. 2.8 в залежності від очікуваного числа пасів  $Z=4$ .

11. Визначаємо число пасів у комплекті:

$$Z = P_l / [P]_n = 4,0 / 0,93 = 4,3 \text{ шт.}$$

Перевіряємо умову  $Z \leq [Z]_{max}$ ,  $4,3 < 8$ . Беремо число пасів  $Z = 4$ .

12. Визначаємо колову силу:

$$F_t = F_t = P_l \cdot 10^3 / V = 4 \cdot 1000 / 7,93 \approx 504 \text{ Н.}$$

13. Визначаємо частоту обертання веденого шківів:

$$n_2 = n_l / u_\phi = 1430 / 3 = 471,95 \text{ об/хв}$$

14. Умовне позначення пасу:

- пас нормального перерізу А, розрахункової довжини  $L_n = 1250$  мм, IV класу:  
Пас А -1250 IV ГОСТ 1284.1.

### 3.2 Приклад розрахунку ланцюгової передачі

*Вихідні дані:* потужність на валу ведучої зірочки  $P_l = 3613$  Вт; передаточне число ланцюгової передачі  $u = 2,65$ ; частота обертання ведучої зірочки  $n_l = 134,27$  об/хв.; крутний момент на валу ведучої зірочки  $T_l = 257$  Н·м; робота передачі однозмінна з помірними коливаннями.

1. Орієнтовний крок однорядного ланцюга, мм:

$$p'_{лан} = 4,5 \sqrt[3]{T_l} = 4,5 \sqrt[3]{257} = 28,6$$

2. За табл. 2.9 виберемо ланцюг, ПР-25,4-60, який має крок  $p_{лан} = 25,4$  мм, руйнівну силу  $F = 60$  кН, площу опорної поверхні шарніра  $S = 179$  мм<sup>2</sup> і погонну масу



$m = 2,6$  кг/м. При виборі ланцюга перевагу слід надавати однорядним ланцюгам типу ПР.

3. Оптимальне значення міжосьової відстані, мм,

$$a_{opt} = (30...50) p_{лан} = 40 \cdot 25,4 = 1016 \text{ мм},$$

4. За табл. 2.10 число зубців ведучої зірочки  $Z_1 = 25$ .

5. Число зубців веденої зірочки:

$$Z_2 = Z_1 \cdot u = 25 \cdot 2,65 = 66,25 \leq 120.$$

Приймаємо  $Z_1 = 25$  і  $Z_2 = 67$ . Згідно з рекомендаціями  $Z_1$  і  $Z_2$  непарні числа.

6. Фактичне передаточне число:

$$u_{\phi} = Z_2 / Z_1 = 67 / 25 = 2,68.$$

7. Коефіцієнт  $k_E$ , який враховує умови експлуатації ланцюга:

$$k_E = k_{\delta} \cdot k_l \cdot k_p \cdot k_n \cdot k_c \cdot k_{реж} = 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 = 1,875 \leq 3,0,$$

де  $k_{\delta}$  - коефіцієнт, який враховує динамічність навантаження,  $k_{\delta} = 1,0$ ;

$k_l$  - коефіцієнт, який враховує довжину ланцюга,  $k_l = 1,0$ ;

$k_p$  - коефіцієнт, який враховує спосіб регулювання натягу ланцюга,  $k_p = 1,25$ ;

$k_n$  - коефіцієнт, який враховує нахил передачі до горизонту,  $k_n = 1,0$ ;

$k_c$  - коефіцієнт, який враховує умови мащення,  $k_c = 1,5$ ;

$k_{реж}$  - коефіцієнт, який враховує режим роботи передачі,  $k_{реж} = 1,0$ .

Значення цих коефіцієнтів наведено у табл. 2.11.

8. Обчислюємо швидкість ланцюга, м/с:

$$V = p_{лан} \cdot Z_1 \cdot n_1 / (60 \cdot 1000) = 25,4 \cdot 25 \cdot 134,27 / 60000 = 1,42.$$

9. Визначаємо колову силу, Н:

$$F_t = P_1 / V = 3613 / 1,42 \approx 2544.$$

10. Визначаємо питомий тиск у шарнірах ланцюга Н/мм<sup>2</sup>, (МПа):

$$p = F_t \cdot k_E / (S \cdot k_{ряд}) = 2544 \cdot 1,875 / (179 \cdot 1,0) = 26,65$$

де  $k_{ряд} = 1$  – коефіцієнт рядності, беремо з табл. 2.11.

Перевіряємо умову  $0,6 \cdot [p] \leq p \leq 1,05 \cdot [p]$ :

$$0,6 \cdot 32 \leq 26,6 \leq 1,05 \cdot 32;$$

$$19,2 \leq 26,6 \leq 33,6$$

де  $[p] = 32 \text{ Н/мм}^2$ , допустимий питомий тиск у шарнірі роликового ланцюга, визначаємо за табл. 2.12.

11. Визначаємо число ланок ланцюга:

$$Z'_л = 2a_{omm} / p_{лан} + 0,5(Z_1 + Z_2) + 0,025/p_{лан} (Z_2 - Z_1)^2 / a_{omm} = 2 \cdot 1016 / 25,4 + 0,5(25 + 67) + 0,025 \cdot 25,4 (67 - 25)^2 / 1016 = 80 + 46 + 1,1 = 127,1.$$

Вважаємо  $Z_л = 126$  (округляємо до цілого парного числа).

12. Визначаємо фактичну міжосьову відстань  $a_\phi$ , мм:

$$\begin{aligned} a_\phi &= \frac{p_{лан}}{4} \left[ Z_л - \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \sqrt{\left( Z_л - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - 8 \left( \frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} \right)^2} \right] = \\ &= \frac{25,4}{4} \left[ 126 - \frac{25 + 67}{2} + \sqrt{\left( 126 - \frac{25 + 67}{2} \right)^2 - 8 \left( \frac{67 - 25}{2 \cdot 3,14} \right)^2} \right] = \\ &= 6,35 \cdot \left( 80 + \sqrt{6400 - 357,82} \right) = 1001,6. \end{aligned}$$

13. Визначаємо відцентрову силу в передачі, Н:

$$F_u = m \cdot V^2 = 2,6 \cdot 1,42^2 = 5,2$$

де  $m$  - маса одного метра ланцюга (табл. 2.9).

14. Визначити силу попереднього натягу від провисання веденої вітки ланцюга, Н:

$$F_n = 9,81 \cdot k_f \cdot m \cdot a_\phi \cdot 10^{-3} = 9,81 \cdot 6 \cdot 2,6 \cdot 1001,6 \cdot 10^{-3} = 153,3,$$

де  $k_f$  - коефіцієнт провисання, при горизонтальному -  $k_f = 6$ .

15. Визначаємо коефіцієнт запасу міцності ланцюга:

$$S = F \cdot 10^3 / (F_t \cdot k_\delta + F_u + F_n) \geq [S],$$

$$S = 60 \cdot 10^3 / (2544 \cdot 1 + 5,2 + 153,3) = 22,$$

де  $F$  - сила, яка руйнує ланцюг (табл. 2.9). Значення  $[S]$  наведено у табл. 2.13.

Перевіряємо умову  $S \geq [S]$ :  $22 > 7,6$ .

16. Визначити параметри зірочок, мм:

- ділильні діаметри

$$d_{\delta 1} = p_{лан} / \sin(\pi/Z_1) = 25,4 / \sin(180^\circ/25) = 202,66;$$

$$d_{\delta 2} = p_{лан} / \sin(\pi/Z_2) = 25,4 / \sin(180^\circ/67) = 541,9.$$

- діаметри вершин

$$D_{e1} = p_{лан} \cdot (0,5 + 1/\text{tg}(180^\circ/Z_1)) = 25,4 \cdot (0,5 + 1/\text{tg}(180^\circ/25)) = 213,76;$$

$$D_{e2} = p_{лан} \cdot (0,5 + 1/\text{tg}(180^\circ/Z_2)) = 25,4 \cdot (0,5 + 1/\text{tg}(180^\circ/67)) = 554.$$

### 3.3 Приклад розрахунку відкритої циліндричної передачі

Вихідні дані: потужність на валу шестірні  $P_1 = 6$  кВт; частота обертання шестірні  $n_1 = 750$  об/хв; передаточне число  $u = 5,3$ ; передача реверсивна.

Розв'язання.

1. Вибираємо за табл. 2.14 для шестірні сталь 45 з твердістю 240...280 НВ<sub>1</sub>, допустиме напруження на згин  $[\sigma]_{F1} = 130$  МПа; для колеса - чавун СЧ30 з твердістю 187...255 НВ<sub>2</sub>, допустиме напруження на згин  $[\sigma]_{F2} = 80$  МПа.

2. Визначаємо крутний момент на шестірні:

$$T_1 = 9,55 \cdot \frac{P_1}{n_1} = 9,55 \cdot \frac{6000}{750} = 76,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3. Вибираємо число зубців шестірні  $Z_1 = 20$  і за табл. 2.15 визначаємо коефіцієнт форми зубця  $Y_{F1} = 4,07$ . Обираємо симетричне розміщення шестірні щодо опор і за рекомендаціями вибираємо коефіцієнт ширини шестірні щодо діаметра  $\psi_d = 1,0$ .

4. Визначаємо модуль передачі, мм:

$$m \geq 1,4 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot 10^3 \cdot K_{F\beta} \cdot Y_{F1}}{Z_1^2 \cdot \psi_d \cdot [\sigma]_F}} = 1,4 \cdot \sqrt[3]{\frac{76,4 \cdot 10^3 \cdot 1,10 \cdot 4,07}{20^2 \cdot 1,0 \cdot 80}} = 3,08.$$

де  $K_{F\beta} = 1,10$  - коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження по довжині зубця, вибирається за табл. 2.16  $[\sigma]_F = [\sigma]_{F2} = 80$  Н/мм<sup>2</sup> – вибираємо за матеріалом колеса. За табл. 2.17 беремо стандартний модуль  $m = 3,5$  мм.

5. Визначаємо геометричні розміри.

Число зубців колеса

$$z_2 = z_1 \cdot u = 20 \cdot 5,3 = 106.$$

Ділильні діаметри шестірні і колеса

$$d_1 = mz_1 = 3,5 \cdot 20 = 70 \text{ мм},$$

$$d_2 = mz_2 = 3,5 \cdot 106 = 371 \text{ мм}.$$

Діаметри вершин зубців

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 70 + 2 \cdot 3,5 = 75 \text{ мм},$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 371 + 2 \cdot 3,5 = 378 \text{ мм}.$$

Діаметри западин зубців

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m = 70 - 2,5 \cdot 3,5 = 61,25 \text{ мм},$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5m = 371 - 2,5 \cdot 3,5 = 362,25 \text{ мм}.$$

6. Міжосьова відстань

$$a_w = m \cdot (z_1 + z_2) / 2 = 3,5 \cdot (20 + 106) / 2 = 220,5 \text{ мм.}$$

7. Ширина зубчастого вінця колеса

$$b_2 = \psi_d \cdot d_1 = 1,0 \cdot 70 = 70 \text{ мм.}$$

8. Ширина зубчастого вінця шестірни

$$b_1 = b_2 + (2 \dots 5) = 70 + (2 \dots 5) = 72 \dots 75 \text{ мм.}$$

Вважаємо  $b_1 = 75$  мм.

9. Визначаємо сили в зачепленні:

колову

$$F_t = \frac{2T_1 \cdot 10^3}{d_1} = \frac{2 \cdot 76,4 \cdot 10^3}{70} = 2183 \text{ Н;}$$

радіальну

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha = 2183 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 795 \text{ Н,}$$

де  $\alpha = 20^\circ$  - кут зачеплення.

10. Перевіряємо міцність зубців передачі на згин:

$$\sigma_F = Y_{F2} \frac{F_t \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV}}{b_2 \cdot m} = 3,60 \frac{2183 \cdot 1,10 \cdot 1,0}{70 \cdot 3,5} = 35,3 \text{ Н/мм}^2$$

де  $K_{FV} = 1,0$  - для відкритих передач;  $Y_{F2} = 3,60$  (табл. 2.15).

Умова міцності виконується, оскільки

$$\sigma_F \leq [\sigma]_{F2}, 35,3 < 80 \text{ Н/мм}^2.$$

## ЛІТЕРАТУРА

1. Клюс В.П., Білякович М.О., Кудря С.О. Проектування приводів машин. - К. Центр учбової літератури, 2011. – 421с.
2. Коновалюк Д. М., Ковальчук Р. М. Деталі машин: Підручник. К.: Кондор, 2004.
3. Мінняйло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. та ін. Деталі машин: Підручник. К.: Агроосвіта, 2013.
4. Малащенко В.О., Янків В. В. Деталі машин. Курсове проектування: Навчальний посібник. Львів: «Новий Світ-2000», 2006.
5. Мархель І.І. Деталі машин: Навчальний посібник. К.: Алерта, 2005.
6. Токарський Ю.М., Янків В.В., Сірик З.О. та ін. Механічні передачі. Розрахунок та конструювання: Навчальний посібник. Львів: «Новий Світ-2000», 2004.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан інженерно-технологічного  
факультету

\_\_\_\_\_ М.Я. Довжик

**КВАЛІФІКАЦІЙНЕ ЗАВДАННЯ**

**КОМПЛЕКСНОГО ДЕРЖАВНОГО ЕКЗАМЕНУ**

**СВО “Молодший бакалавр”**

**ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ: 20 “АГРАРНІ НАУКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВО”**

**СПЕЦІАЛЬНІСТЬ: 208 “АГРОІНЖЕНЕРІЯ”**

Варіант №1

Виконав (ла) студент (ка) 2 курсу  
групи \_\_\_\_\_

(Прізвище, ім'я, по-батькові повністю)

\_\_\_\_\_  
(Підпис студента)

Керівник \_\_\_\_\_

Вчене звання, ступінь, прізвище, ім'я, по-батькові повністю

\_\_\_\_\_  
(Підпис викладача)

Суми  
2022

Семірненко Юрій Іванович  
Павлов Олександр Григорович

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

щодо виконання кваліфікаційного завдання  
комплексного державного екзамену

СВО “Молодший бакалавр”

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ: 20 “АГРАРНІ НАУКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВО”

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ: 208 “АГРОІНЖЕНЕРІЯ”

Редакційно-видавничий відділ Сумського національного аграрного  
університету, м. Суми, вул. Герасима Кондратьєва 160.

---

Підписано до друку: \_\_\_\_\_ 2022 р. Формат А5: Гарнітура Times New Roman  
Тираж: 25 примірників Замовлення \_\_\_\_\_ Умов. друк. арк. 1,3

---